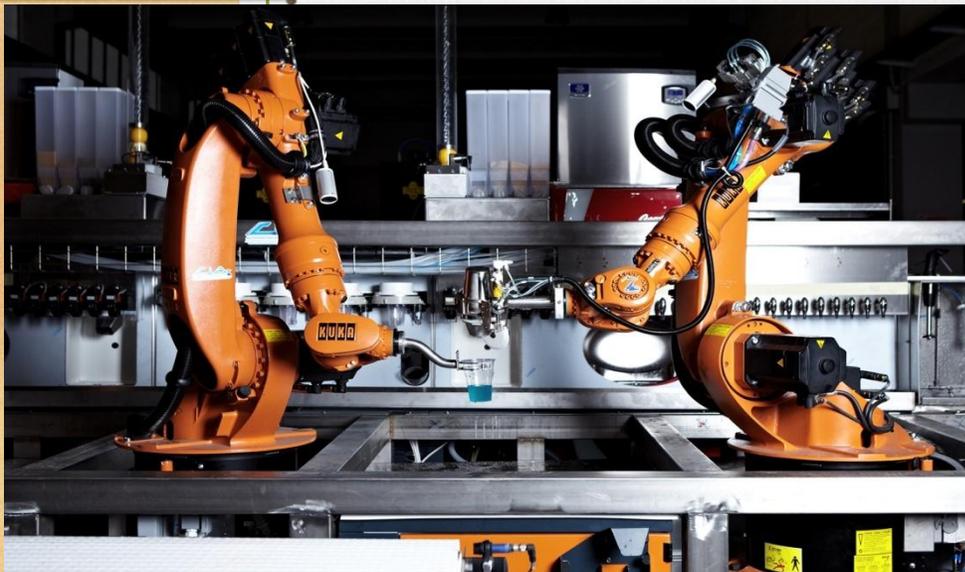


# Робототехника и средства конструирования. Виды движений. Кинематические схемы ФГОС



г. Оренбург

2020 год

# Тема, цель и задачи урока

---

- **Тема урока:** Робототехника и средства конструирования. Виды движения. Кинематические схемы
- **Цель урока:** организовать деятельность обучающихся в области робототехники и средств её конструирования, для формирования интереса к научно-техническому творчеству
- **Задачи урока:**
  - Образовательная: освоить азы средств конструирования робототехники, видов движения и кинематические схемы
  - Развивающая: развивать конструкторско-техническое мышление
  - Воспитательная: воспитывать доброжелательное отношение к технике
  - Профориентационная: расширить кругозор в области профессий, связанных с конструированием робототехники

# Актуализация знаний

---

- В нашей жизни – в школе, на работе, дома нас окружает огромное количество технических устройств: телевизор, стиральная машина, мобильный телефон, компьютерная техника и многое другое. А ведь каких-то 30-40 лет назад люди обходились без телевизора, не говоря уже о том, что способом передачи информации были лишь письма и телеграммы.
- С каждым годом наука развивается, исследования не стоят на месте. Появляются всё новые и новые технологии. Прогресс развития робототехники поражает наше воображение. Эта отрасль в мире развивается очень быстро и это развитие уже не остановить. За робототехникой огромное будущее, тем более, в жизни молодого поколения. Появление новых конструкторов позволяет собрать несколько разновидностей роботов с программным обеспечением.
- Такой подход к обучению привлекает интерес к научно-техническому творчеству, технике, высоким технологиям, что способствует развитию мышления, логики, математических и алгоритмических способностей и нацелен на формирование исследовательских навыков школьников. А это не только важно для молодых интеллектуалов, но и нацелено на экономический прорыв нашей страны в области техники и связанных с нею технологий.
- Быть технически грамотным специалистом, работать в сфере IT, создать уникальный робот- это прекрасная мечта подрастающего поколения. Таким образом, **за робототехникой и создателями роботов – будущее!**

# Что такое робот?

---

- Слово *«робот»* было придумано чешским писателем Карелом Чапеком и его братом Йозефом и впервые использовано в пьесе Чапека *«Р.У.Р.»* (*«Россумские универсальные роботы»*) в 1920 году.
- В нем был описан процесс сборки роботов самими роботами на фабрике. В чешском языке *«robota»* значит тяжелый труд, каторга, барщина.
- Герою пьесы - инженеру Россу, удалось изобрести сложную машину, которая могла выполнять все работы человека. Вот эту человекоподобную машину автор и назвал *«роботом»*.

# История изобретения робота

---

- Оказывается, первые мысли к созданию роботов возникли еще до нашей эры: в середине 3-го тысячелетия египтяне изобрели «*думающих машин*» - внутри статуй прятались жрецы, чтобы давать предсказания и советы.
- А в 50-х 19 века были найдены чертежи человекоподобного робота, сделанные Леонардо да Винчи, примерно в 1495 году. На чертеже был детально изображен механический рыцарь, который мог сидеть, раздвигать руки, двигать головой, открывать и закрывать челюсти. По его замыслам работой рук должно было управлять механическое программируемое устройство в груди, ноги должны были управляться с помощью рукоятки, приводящий в движение трос, связанный с ногами. До появления промышленных роботов считалось, что роботы должны выглядеть подобно людям.

# История изобретения робота

---

- Своим названием я хотел подчеркнуть способность моего робота отвечать на команды, поданные голосом человека». Внешне **мистер Телевокс** был не очень привлекателен: квадратная голова с какими-то прямоугольниками вместо глаз и рта, женская шпилька вместо носа, открытое деревянное туловище со сложным переплетением проводов и механизмов внутри и, наконец, нелепые руки и ноги.
- **Телевокс** обладал способностью слышать и исполнять несколько различных приказаний, отдаваемых человеком при помощи звуков свистка. Подавая различное число повторных свистков, Венсли мог заставить робота открыть окна, закрыть дверь, пустить в ход вентилятор и пылесос, а также зажечь свет в комнате. Телевокс был не только слышащим и говорящим роботом. Он мог выполнять некоторые домашние работы, заменяя домработницу. При помощи свистков можно отдать соответствующее распоряжение, и механический слуга подогреет ужин. Как это он сделает? Очень просто. Уходя из дому, хозяйка должна поставить кастрюлю и сковороды с кушаньями на электрическую плиту. Телевокс тогда самостоятельно включит плиту в электросеть.
- Очень скоро у мистера Телевокса появились братья. Первым из них был робот Эрик, построенный в 1928 году английским инженером Ричардсом. Этот робот выступил перед публикой 15 сентября 1928 года в Лондоне на открытии ежегодной выставки Общества инженеров. Он произнес речь об итогах истекшего года. Эрика показывали и во многих других городах Великобритании.

# История изобретения робота

---

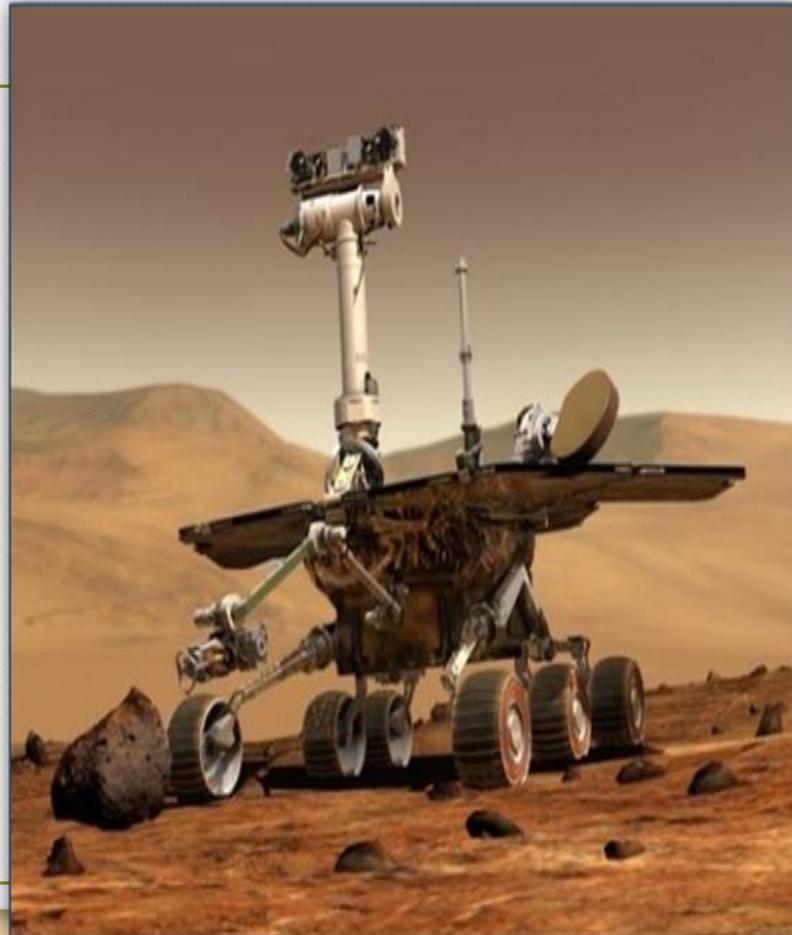
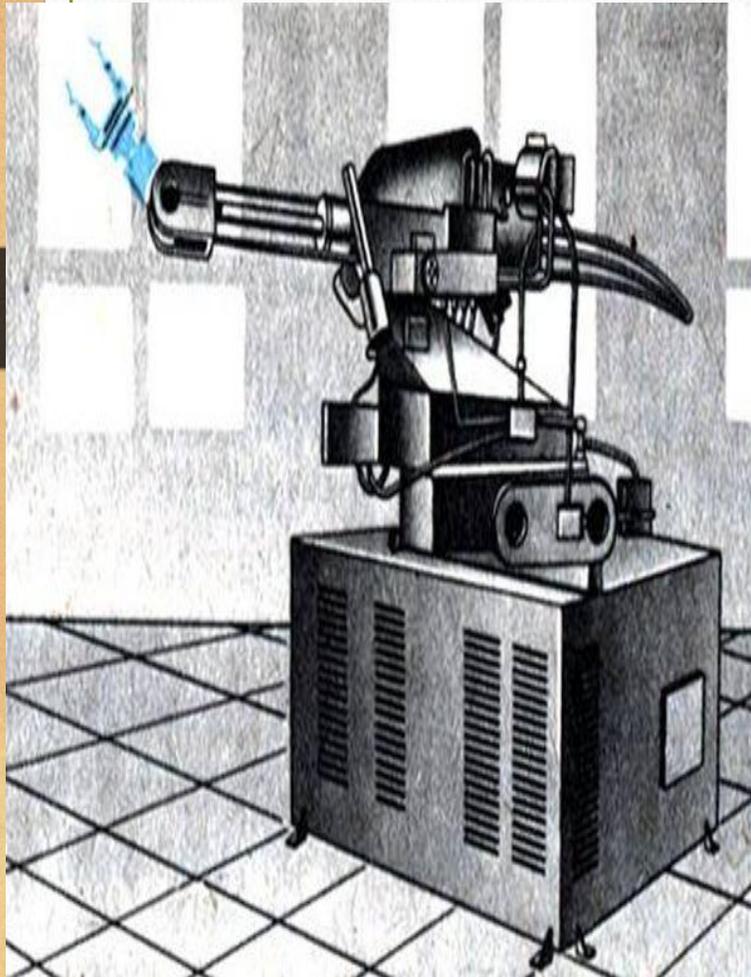
- Самыми первыми были изобретены именно промышленные роботы. В 1980 году в СССР создан центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК) и изобретен первый пневматический промышленный робот МП-8 с позиционным управлением.
- У истоков робототехники стояли талантливые люди. Сын профессора славистики, выходца из России, Норберт Винер получил ученую степень доктора философии в Гарвардском университете уже в возрасте 18 лет!
- Появление книги Норберта Винера "Я - математик", как мощный взрыв потрясло весь мир. Именно она провозгласила рождение новой науки — КИБЕРНЕТИКИ. Винер был ученым широкого профиля. Слово робот прочно вошло в нашу жизнь.
- Для маленьких детей создано немало игрушек-роботов, в которые с удовольствием играют не только мальчики, но и девочки. А кто не смотрел фильм про приключения Электроника! Не одно поколение детей выросло, зная о забавных приключениях героев этого фильма, и сейчас, включив телевизоры, многие смогут пересмотреть интересную киноленту.

# Виды роботов

---

- **Роботы первого поколения (программные)** - роботы с программным управлением, предназначенные для выполнения определенной, жестко запрограммированной последовательности операций, диктуемой соответствующим технологическим процессом.
- **Роботы второго поколения (информационные)**- роботы осуществляющие сборочные и монтажные операции, сбор информации о внешней среде с помощью большого количества сенсоров.
- **Роботы третьего поколения – интеллектуальные** или разумные, предназначенные не только для воспроизведения физических и двигательных функций человека, но и для автоматизации его интеллектуальной деятельности, т.е. для решения интеллектуальных задач. Они принципиально отличаются от роботов второго поколения сложностью функций и совершенством управляющей системы, включающей в себя элементы искусственного интеллекта.

# Роботы первого, второго и третьего поколения



# Виды роботов по области использования

---

- промышленные;
- бытовые;
- медицинские;
- обучающие;
- военные;
- охранные роботы;
- биороботы;
- роботы-игрушки;
- нанороботы;
- а также андроиды и киборги.

Существуют роботы для развлечения Ежегодно проводит турнир роботов по футболу по упрощенным правилам. А также роботы способны играть в шахматы. Чемпион мира Гарри Каспаров проиграл в шахматном поединке роботу

# Подвиды современных роботов

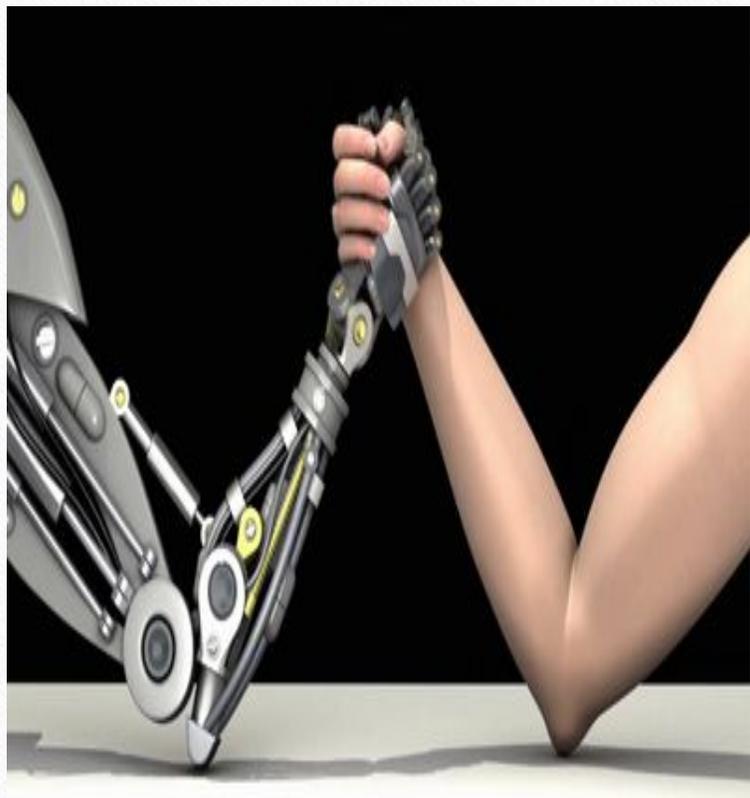
- Промышленные роботы



- медицинские роботы



# Роботы – Эко и танцующие



# Подвиды современных роботов

- К настоящему времени роботы внедрены во многие сферы деятельности человека и продолжают дополнять и иногда заменять ~~людской труд как в опасных видах деятельности, так и в повседневной жизни.~~
- Роботы - учёные



# Сведения о робототехнике

---

- **Робототехника** – прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем. Робототехника опирается на такие дисциплины как электроника, механика, программирование.
- Робототехника является одним из важнейших направлений научно- технического прогресса, в котором проблемы механики и новых технологий соприкасаются с проблемами искусственного интеллекта.
- Активное участие и поддержка Российских и международных научно-технических и образовательных проектов в области робототехники позволит ускорить подготовку кадров, развитие новых научно-технических идей, обмен технической информацией и инженерными знаниями, реализацию инновационных разработок в области робототехники в России и по всему миру.
- Человечество остро нуждается в роботах, которые могут без помощи оператора тушить пожары, самостоятельно передвигаться по заранее неизвестной, реальной пересеченной местности, выполнять спасательные операции во время стихийных бедствий, аварий атомных электростанций, в борьбе с терроризмом.

# Сведения о робототехнике

---

- Кроме того, по мере развития и совершенствования робототехнических устройств возникла необходимость в мобильных роботах, предназначенных для удовлетворения каждодневных потребностей людей: роботах-сиделках, роботах-нянечках, роботах-домработницах, роботах - всевозможных детских и взрослых игрушках и т.д.
- И уже сейчас в современном производстве и промышленности востребованы специалисты обладающие знаниями в этой области. Начинать готовить таких специалистов нужно в школе и с самого младшего возраста.
- Поэтому, образовательная робототехника в школе приобретает все большую значимость и актуальность в настоящее время. В качестве основного оборудования при обучении детей робототехнике в школах предлагаются конструкторы LEGO MINDSTORMS NXT

# Законы робототехники

---

- При создании робототехники нужно руководствоваться правилами, по которым **робот не может причинить вред человеку**, даже если он бездействует; **задача робота** – подчиняться приказам человека, если они не несут вред людям.
- *Дружественное отношение к человеку должно быть главным в программировании роботов:*
  - 1. Робот не должен вредить человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинён вред.
  - 2. Робот должен выполнять приказы человека, кроме приказов, противоречащих первому закону.
  - 3. Робот должен заботиться о своей безопасности, если это не противоречит первому и второму законам.

# Техника безопасности при роботостроении

- 1. Запрещается использование инструментов и предметов, правила обращения, с которыми не изучены.
- 2. При работе с конструктором важно следить за деталями, так как они очень мелкие. Запрещается брать детали в рот или раскидывать на рабочем столе.
- 3. При работе инструменты и детали держат так, как указано в инструкции.
- 4. Детали конструктора и оборудование нужно хранить в предназначенном для этого месте. Запрещается хранить инструменты навалом.
- 5. Содержи в чистоте и порядке рабочее место.
- 6. Раскладывай оборудование в указанном порядке.
- 7. Выполняй работу внимательно, не отвлекайся посторонними делами.
- 8. При работе с компьютером нельзя открывать программы, включать, выключать компьютер без разрешения руководителя занятия.
- 9. Во время работы за компьютером нужно сидеть прямо напротив экрана, чтобы верхняя часть экрана находилась на уровне глаз на расстоянии 45-60 см.
- 10. При работе с компьютерами надо быть очень осторожными, чтобы не повредить монитор, при подключении конструкции, соблюдать порядок подключения.
- 11. После окончания сборки, проверки на компьютере, конструкция разбирается, детали укладываются в коробку, компьютер выключается и сдается руководителю занятия.

# Классы роботов

**Манипуляционный робот** — автоматическая машина (стационарная или передвижная), состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и устройства программного управления, которая служит для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Такие роботы производятся в напольном, подвесном и порталном исполнениях. Получили наибольшее распространение в машиностроительных и приборостроительных отраслях.

**Мобильный робот** — автоматическая машина, в которой имеется движущееся шасси с автоматически управляемыми приводами. Такие роботы могут быть колёсными, шагающими и гусеничными (существуют также ползающие, плавающие и летающие мобильные робототехнические системы).

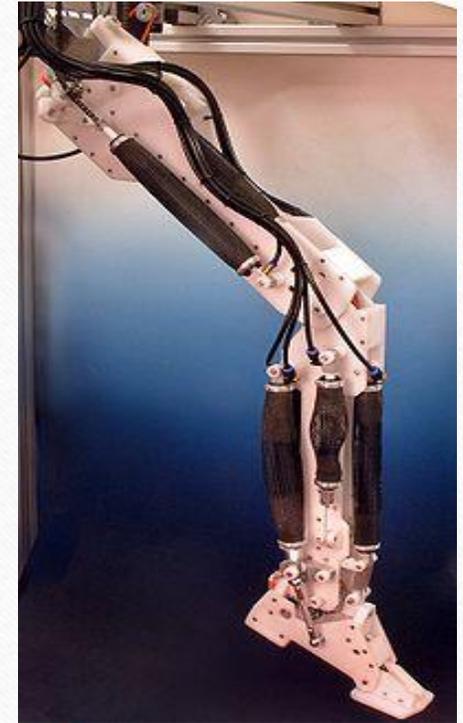


# Компоненты роботов

- **Приводы** — это «мышцы» роботов. В настоящее время самыми популярными двигателями в приводах являются электрические, но применяются и другие, использующие химические вещества или сжатый воздух.
- **Двигатели постоянного тока:** В настоящий момент большинство роботов используют электродвигатели, которые могут быть нескольких видов.
- **Шаговые электродвигатели:** Как можно предположить из названия, шаговые электродвигатели не вращаются свободно, подобно двигателям постоянного тока. Они поворачиваются пошагово на определённый угол под управлением контроллера. Это позволяет обойтись без датчика положения, так как угол, на который был сделан поворот, заведомо известен контроллеру; поэтому такие двигатели часто используются в приводах многих роботов и станках с ЧПУ.

# Компоненты роботов

- **Пьезодвигатели:** Современной альтернативой двигателям постоянного тока являются пьезодвигатели, также известные как ультразвуковые двигатели. Принцип их работы весьма оригинален: крошечные пьезоэлектрические ножки, вибрирующие с частотой более 1000 раз в секунду, заставляют мотор двигаться по окружности или прямой. Преимуществами подобных двигателей являются высокое нанометрическое разрешение, скорость и мощность, доступны на коммерческой основе и также применяются на некоторых роботах.



# Компоненты роботов

- **Воздушные мышцы:** Воздушные мышцы — простое, но мощное устройство для обеспечения силы тяги. При накачивании сжатым воздухом мышцы способны сокращаться до 40 % от своей длины. Причиной такого поведения является плетение, видимое с внешней стороны, ~~которое заставляет мышцы быть или длинными и тонкими, или короткими и толстыми~~ [источник не указан 987 дней]. Так как способ их работы схож с биологическими мышцами, их можно использовать для производства роботов с мышцами и скелетом, аналогичными мышцам и скелету животных.
- **Электроактивные полимеры:** Электроактивные полимеры — это вид пластмасс, который изменяет форму в ответ на электрическую стимуляцию. Они могут быть сконструированы таким образом, что могут гнуться, растягиваться или сокращаться. Впрочем, в настоящее время нет ЭАП, пригодных для производства коммерческих роботов, так как все ныне существующие их образцы неэффективны или непрочны.
- **Эластичные нанотрубки:** Это — многообещающая экспериментальная технология, находящаяся на ранней стадии разработки. Отсутствие дефектов в нанотрубках позволяет волокну эластично деформироваться на несколько процентов. Человеческий бицепс может быть заменён проводом из такого материала диаметром 8 мм. Подобные компактные «мышцы» могут помочь роботам в будущем обгонять и перепрыгивать человека.

# Способы перемещения

- Колёсные и гусеничные роботы
- Шагающие роботы
- Другие методы перемещения:
  - Летающие роботы (в том числе БПЛА – беспилотные летательные аппараты).
  - Ползающие роботы.
  - Роботы, перемещающиеся по вертикальным поверхностям.
  - Плавающие роботы.



# Системы управления

- Под управлением роботом понимается решение комплекса задач, связанных с адаптацией робота к кругу решаемых им задач, программированием движений, синтезом системы управления и её программного обеспечения.
- По типу управления робототехнические системы подразделяются на:

---
- 1. **Биотехнические:**
  - 1.1. командные (кнопочное и рычажное управление отдельными звеньями робота);
  - 1.2. копирующие (повтор движения человека, возможна реализация обратной связи, передающей прилагаемое усилие, экзоскелеты);
  - 1.3. полуавтоматические (управление одним командным органом, например, рукояткой всей кинематической схемой робота);
- 2. **Автоматические:**
  - 2.1. программные (функционируют по заранее заданной программе, в основном предназначены для решения однообразных задач в неизменных условиях окружения);
  - 2.2. адаптивные (решают типовые задачи, но адаптируются под условия функционирования);
  - 2.3. интеллектуальные (наиболее развитые автоматические системы);

# Системы управления

- 3. **Интерактивные:**
- 3.1. автоматизированные (возможно чередование автоматических и биотехнических режимов);
- ~~3.2. супервизорные (автоматические системы, в которых человек выполняет только целеуказательные функции);~~
- 3.3. диалоговые (робот участвует в диалоге с человеком по выбору стратегии поведения, при этом как правило робот оснащается экспертной системой, способной прогнозировать результаты манипуляций и дающей советы по выбору цели).
- Среди основных задач управления роботами выделяют такие:
- планирование положений;
- планирование движений;
- планирование сил и моментов;
- анализ динамической точности;
- идентификация кинематических и динамических характеристик робота.
- В развитии методов управления роботами огромное значение имеют достижения технической кибернетики и теории автоматического управления.

# Устройства передвижения роботов

- Устройство передвижения робота является исполнительной частью робота и конструктивно состоит из приводных устройств и ходовой части.
- Устройства передвижения робота классифицируются по принципу действия ходовой части: колесные, гусеничные, на электромагнитной подвеске. В промышленных роботах большее применение нашли устройства передвижения рельсовые колесного типа. Приводом в них являются электрический и гидравлический приводы.
- Конструктивная схема устройства передвижения зависит от расположения ПР – напольного или подвешенного. Наибольшее распространение получили схемы перемещения показанные на рис. 2.8. На рис. 2.8, а представлено устройство передвижения в виде четырехколесной тележки 1, на которой установлено основание 2 манипулятора. Тележка оборудована электродвигателем 3 с механической передачей 4 и перемещается на ходовых колесах 5 по рельсам 6. На рис. 2.8, б приведена схема конструкции для передвижения основания 1 манипулятора, прикрепленного к тележке 2, вдоль подвесной балки 3 коробчатого сечения с помощью электродвигателя 4 с редуктором 5 и зубчато-реечной передачей 6. Тележка опирается на рельс 7 (с расположенными под углом плоскостями качения) ходовыми колесами 8; в нижней части для обеспечения устойчивого положения и восприятия боковых нагрузок установлены боковые ролики 9, взаимодействующие с направляющим рельсом 10.

# Способы передвижения роботов

---

- Управление передвижением промышленных роботов выполняется по одному из следующих способов:
- 1) применение замкнутого по положению привода с контролем положения робота на всем пути его перемещения;
- 2) использование разомкнутого привода со ступенчатым регулированием скорости;
- 3) применение комбинированного привода: между заданными для остановки позициями – разомкнутого, а вблизи этих позиций – замкнутого по положению;
- 4) использование разомкнутого привода с механизмом уточнения положения и фиксации.

# Первый способ передвижения

- Конструктивное выполнение устройства передвижения по **первому способу** имеет особенности, связанные с необходимостью получения информации о текущем положении робота на всем пути его передвижения и обеспечения необходимой точности в заданных точках траектории. Для этого необходимо обеспечить кинематическую связь первичного преобразователя положения с неподвижной базой, если преобразователь установлен на роботе, или с перемещающимся роботом, если преобразователь установлен на неподвижной базе. При этом требования к точности и жесткости несущих элементов конструкции робота и устройств передвижения (направляющих, колес, салазок и др.) определяются из условия обеспечения необходимой суммарной точности позиционирования робота.
- 
- Такой способ организации передвижения робота является наиболее универсальным, так как здесь обеспечивается не только позиционирование робота в любой точке его перемещения, но и создается возможность использования этого перемещения в качестве дополнения к имеющимся степеням подвижности манипуляторов. Это является важнейшим достоинством данного способа. Недостатком устройств передвижения является сложность конструкции и высокая стоимость. Этому недостатка, естественно за счет ухудшения другой характеристики – точности позиционирования робота, лишен второй способ организации передвижения роботов. Для реализации данного принципа, в основном, используют электрический привод.

# Второй способ передвижения

- При использовании **второго способа** выход робота в заданные позиции осуществляется с помощью одной или нескольких команд на торможение, последовательно подаваемых от сигнальных устройств релейного действия, распологаемых на пути движения робота.
- Точность позиционирования при реальных скоростях перемещения робота невелика (погрешность 5 мм и более), так как определяется выбегом приводного устройства, зависящим от таких нестабильных факторов, как силы трения в приводных механизмах и тормозных устройствах. Устройства передвижения робота в этом случае просты и поэтому широко применяются там, где не требуется высокая точность позиционирования.
- Позиционирование осуществляется с помощью двух бесконтактных датчиков индукционного типа, причем один из них используется для отключения двигателя до достижения точки позиционирования, а другой – для включения тормоза в точке позиционирования. Погрешность позиционирования составляет  $\approx 10$  мм.

# Третий способ передвижения

- **Третий способ** организации передвижения робота является комбинацией первого и второго способов, благодаря чему удастся в известной степени ослабить недостатки обоих исходных способов. Для осуществления этого способа первичные преобразователи положения подключаются (как кинематически, так и электрически) только в районе обслуживания технологического оборудования. Следовательно, требуется высокая точность и жесткость направляющих элементов кинематики и других элементов только в этих районах трассы, а не на всем пути передвижения робота.
- При этом обеспечивается возможность использования передвижения робота в качестве дополнительной степени подвижности манипулятора.
- Недостатком данного способа является конструктивная сложность осуществления кинематической и электрической связей с первичным преобразователем положения.

# Четвёртый способ передвижения

- Четвертый способ организации передвижения робота является по существу, модификацией второго способа, в части улучшения точностных характеристик устройства передвижения при сохранении; простоты исходного способа. Здесь к устройству передвижения добавляется механизм уточнения и фиксации.
- Устройство передвижения, использующее разомкнутый привод, обеспечивает передвижение робота от одной дискретной позиции к другой и позиционирования с присущей данному способу невысокой точностью, а устройство уточнения и фиксации осуществляет точное позиционирование робота и надежную фиксацию его позиции робота МП-1 предотвращения каких-либо смещений робота в процессе его работы.
- Такой способ применен в промышленном роботе МП-1. На рис. 2.10 представлена кинематическая схема его ходовой части, которая представляет собой платформу 1 с четырехзвенными механизмами 2 аналогично с антипараллелограммными, снабженными ведущими 10 и ведомыми 5 колесами, расположенными в направляющих 4. Платформа снабжена двумя парами ловителей 6 и 8, а направляющие 4 – гнездами 7 и 9. На платформе установлены привод устройства передвижения робота 11, связанный цилиндрической передачей с ведущими колесами 10, и привод устройства уточнения и фиксации 3, осуществляющий с помощью цилиндрической передачи четырехзвенников 2 и колес 10 и 5 опускание и подъем платформы 1.
- Основным достоинством данного способа является высокая точность позиционирования и надежность фиксации при значительно более низкой стоимости по сравнению с аналогичными устройствами, построенными по первому способу передвижения робота.
- Недостатком этого способа является невозможность использования перемещения робота как дополнения к степеням подвижности манипулятора.

## **Снабжение роботов устройствами передвижения существенно расширяет их технические возможности и обеспечивает**

- 1) увеличение рабочей зоны, что позволяет обслуживать одним роботом несколько единиц технологического оборудования или выполнять операции, требующие значительной рабочей зоны (окраска крупногабаритных двигателей и т. п.);
- 2) транспортирование изделий роботом, "что позволяет создать непрерывный технологический процесс, исключить отдельные виды вспомогательного технологического оборудования;
- 3) использование степеней подвижности устройства передвижения робота как дополнения к имеющимся у манипулятора степеням подвижности, что повышает универсальность манипулятора

# Кинематика механизмов. Кинематические пары: понятие, типы. Кинематические схемы механизмов, правила их чтения

- *Механизмом* называется система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твёрдых тел в требуемые движения других твёрдых тел.
- *Машиной* называется устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации, с целью замены или облегчения физического или умственного труда человека.
- Виды машин:
- *Энергетические машины* предназначены для преобразования энергии (электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания, турбины, электрогенераторы).
- *Технологические машины* предназначены для преобразования обрабатываемого предмета, которое состоит в изменении его размеров, форм, свойств, состояния.
- *Транспортные машины* предназначены для перемещения людей и грузов.  
*Информационные машины* предназначены для получения и преобразования информации.

# Устройство машины

- В состав машины входят различные механизмы.
- **Механизм** состоит из отдельных твёрдых тел, называемых деталью.
- **Деталь** - часть машины изготовленная без сборочных операций. Детали могут быть простыми (гайка, шпонка и т.п.) и сложными (коленчатый вал, корпус редуктора, станина станка и т.п.). Детали объединяются в узлы.
- **Узел** представляет собой сборочную единицу, состоящую из деталей, имеющих общее функциональное назначение (подшипник, муфта, редуктор и т.п.). Сложные узлы включают несколько узлов, например, редуктор включает подшипники, валы с насаженными на них зубчатыми колёсами и т.п.

# Устройство машины

- **Звено** – одно или несколько соединённых твёрдых тел.
- **Кинематическая пара** – соединение двух звеньев, допускающее относительное движение. Различают звенья входные (ведущие), выходные (ведомые) и промежуточные.

---

- **Основные виды звеньев:** стойка, кривошип, коромысло, ползун, кулачок, зубчатое колесо. Кроме перечисленных жёстких звеньев, в механизмах применяют гибкие (цепи, ремни), упругие (пружины, мембраны) звенья, а также жидкие и газообразные (масло, вода, газ, воздух и т.д.).
- Звенья обозначают цифрами, причём нумерация ведётся от ведущего звена, а стойке присваивается «ноль». Кинематические пары обозначаются заглавными буквами (А, В, С, Д и т.д.).
- В каждом механизме имеется стойка, т.е. звено неподвижное или принимаемое за неподвижное. Из неподвижных звеньев выделяют входные и выходные.
- **Входным звеном** называется звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев.
- **Выходным звеном** называется звено, совершающее движение других звеньев.
- **Кинематической парой** называется соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающее их относительное движение.

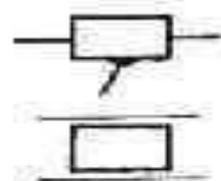
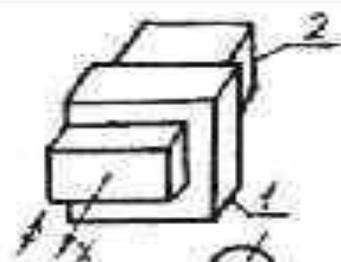
## 2. Классификация кинематических пар. Кинематические цепи

По числу связей, наложенных кинематической парой на относительное движение ее звеньев, все кинематические пары делятся на пять **классов**. Свободное тело (звено) в пространстве обладает шестью степенями свободы.

Таблица 1.1

№	Название кинематической пары	Изображение пары	Условное обозначение	Число степеней свободы	Число связей (номер класса)
1	2	3	4	5	6

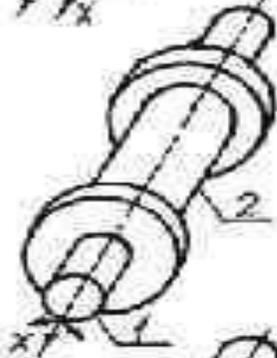
1. *Поступательная*



1

5

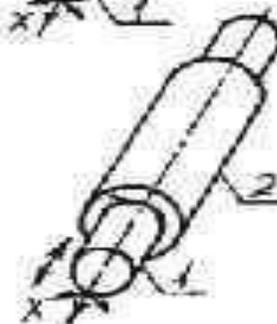
2. *Вращательная*



1

5

3. *Цилиндрическая*

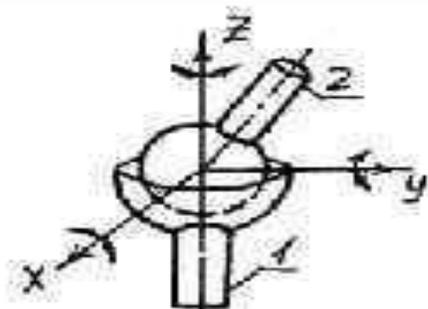


2

4

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

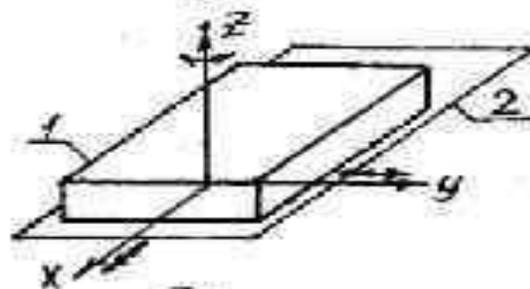
4. Сферическая



3

3

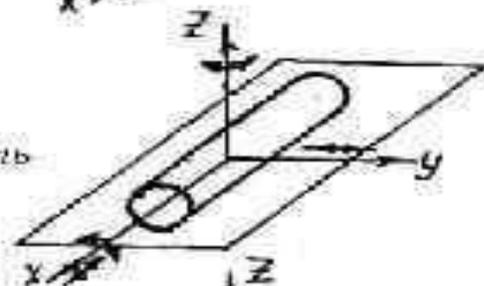
5. Плоскостная



3

3

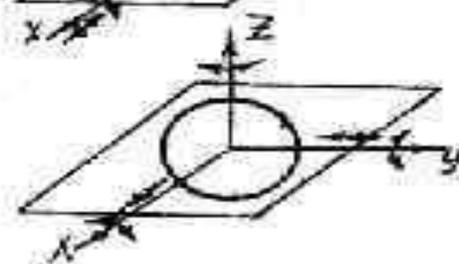
6. Цилиндр - плоскость



4

2

7. Шар - плоскость

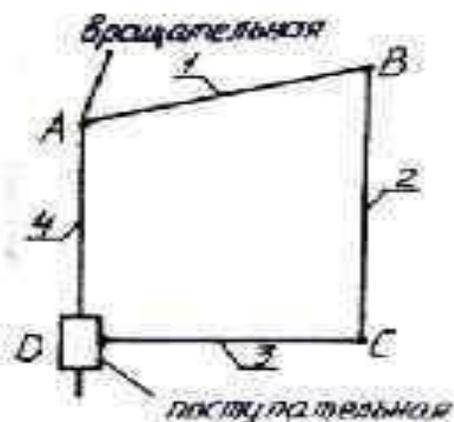


5

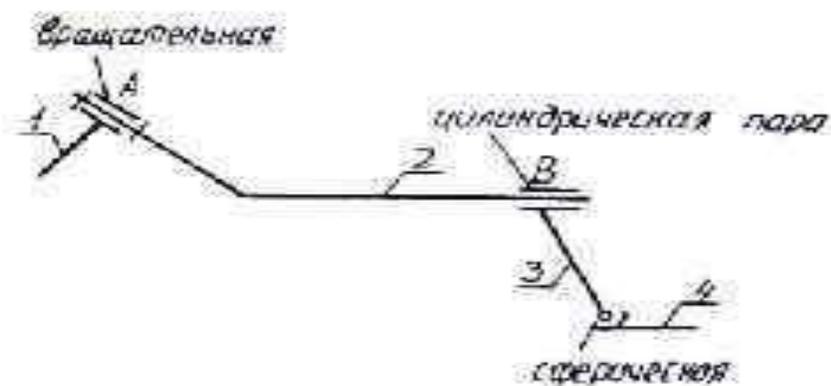
1

Поверхности, линии и точки, по которым соприкасаются звенья, называются **элементами** кинематической пары. Различают **низшие** (1-5) пары, элементами которых являются поверхности, и **высшие** (6, 7) пары, элементами которых могут быть только линии или точки.

**Кинематической цепью** называется система звеньев, связанных между собой кинематическими парами.



Замкнутая плоская цепь



Незамкнутая пространственная цепь

# Практическая работа № 38: Изучение КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ

---

- *Задание:*
- Изучить механизмы машины
- Познакомиться с понятиями кинематики

# Кинематическая схема

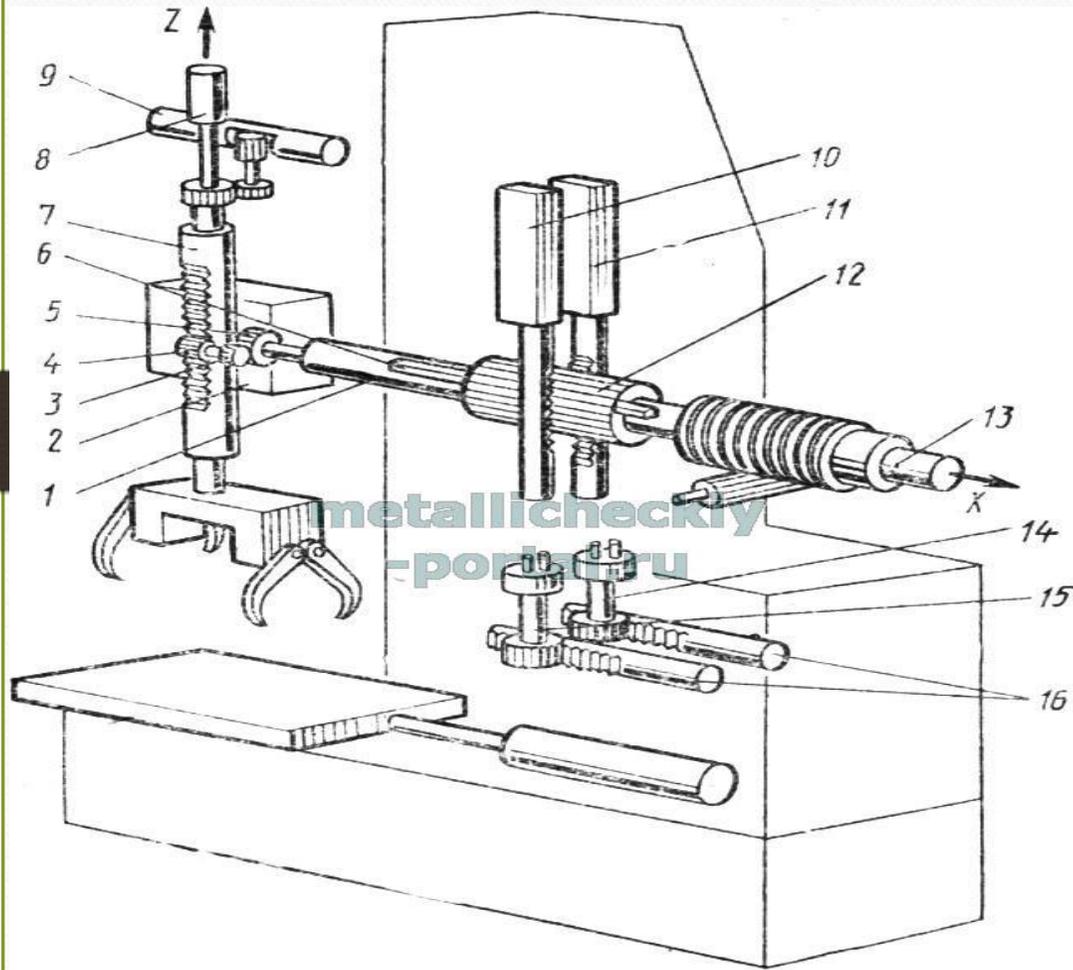


Рис. 6.3. Кинематическая схема робота

Stiff Joint

Compliant Joint

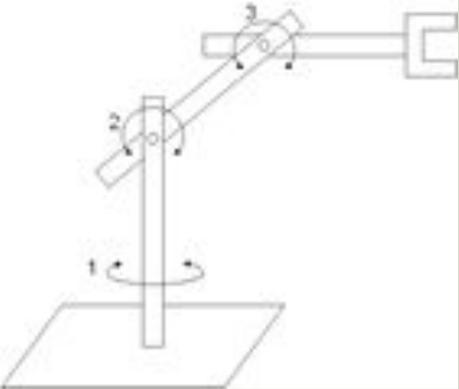
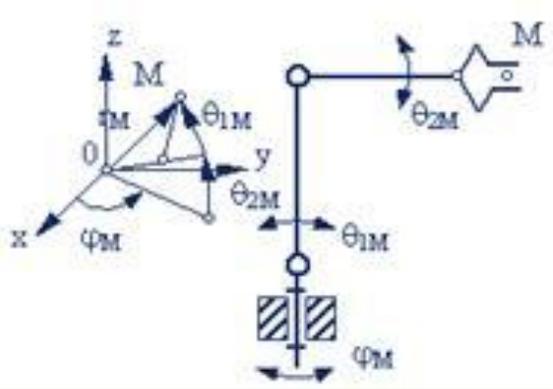
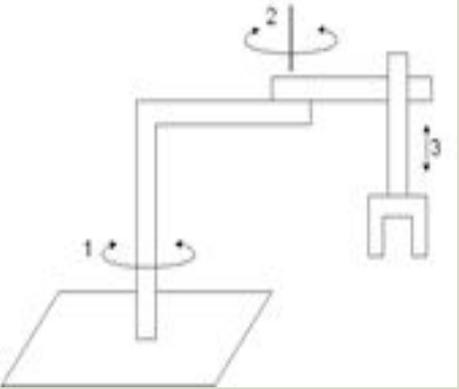
Joint	DOF
Neck	2
Shoulder	3
Elbow	1
Waist	3
Hip	3
Knee	1
Ankle	2
Total	25



# Кинематические схемы промышленных роботов

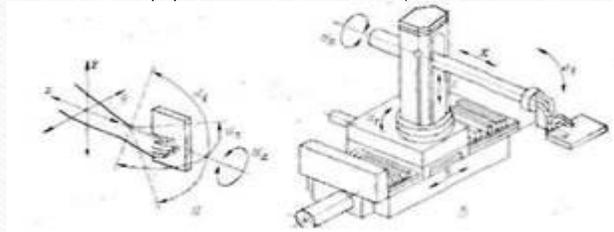
Тип	Изображение	Кинематическая схема
Декартовый		
Цилиндрический		
Сферическая		

# Кинематические схемы промышленных роботов

Тип	Изображение	Кинематическая схема
Ангулярный		
Скара		

## Кинематический и конструктивный анализ промышленных роботов (степень подвижности руки человека (а) и антропоморфного механизма

- Как известно для перемещения тела в пространстве и его произвольной ориентации механизм должен иметь не менее 6 степеней подвижности: 3- для осуществления транспортных (переносных) движений и 3 для ориентирующих движений. Сказанное иллюстрируется возможностями руки человека (рисунок 2 а), которая от предплечья до фаланг кисти имеет 22 степени подвижности, что обуславливает универсальные способности человека при выполнении им производственных функций. Однако как следует из рисунка 2, а, вся совокупность перемещений кинематических звеньев руки человека сводится к транспортным (переносным) движениям  $x, y, z$  в декартовой системе координат, а также ориентирующим движением  $\beta_x, \beta_y, \beta_z$  относительно соответствующих координат. Поэтому эквивалентом руки человека может служить механизм (рисунок 2, б), способный выполнять ту же совокупность движений и являющийся промышленным роботом с шестью основными  $x, y, z, \beta_x, \beta_y, \beta_z$  и одной дополнительной (обеспечивает движение губок хватного устройства) степенями подвижности.



# Кинематический и конструктивный анализ роботов

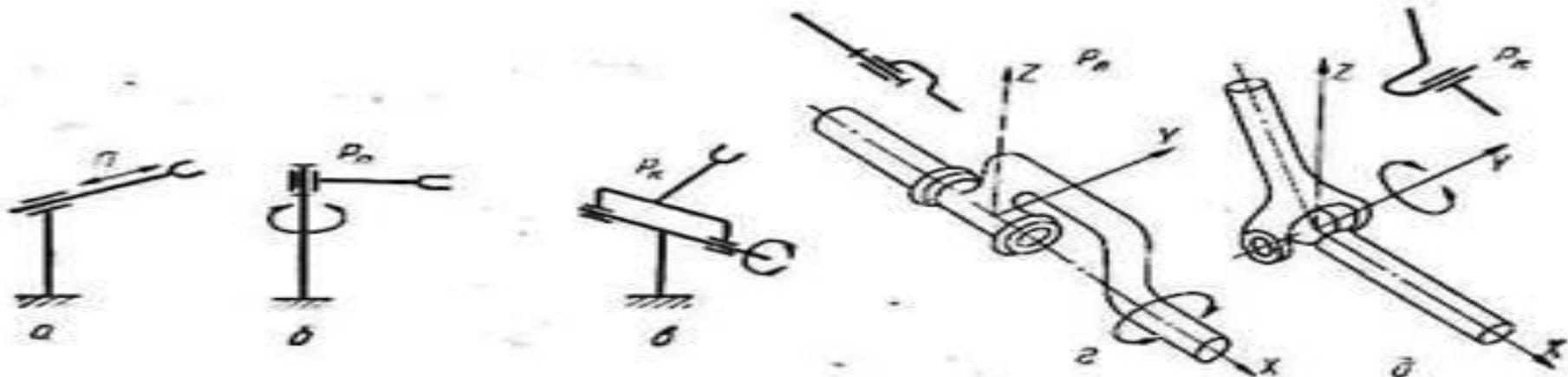
- Кинематическая структура ПР и их двигательные возможности определяются видом и последовательностью расположения кинематических нар. В свою очередь, характер движений рабочих органов ПР при выполнении вспомогательных и технологических операций и переходов диктуется производственными условиями. Различают глобальные, региональные и локальные движения.
- Глобальные (межоперационные) движения - это перемещения ПР на расстояния, превышающие размеры самого робота, при обслуживании технологических объектов (линий). От возможности совершать глобальные движения зависит мобильность робота, и для их реализации робот снабжается подвижным основанием (в противном случае робот является стационарным).
- Региональные движения - это перемещения рабочих органов ПР в пределах его зоны обслуживания. Конфигурация и размеры этой зоны определяются геометрическими параметрами звеньев руки робота. Таким образом, региональные движения относятся к внутриоперационным.
- К локальным движениям рабочих органов ПР принято относить перемещения на расстояния, не превышающие их размеров. Это главным образом ориентирующие движения кисти при выполнении технологических операций.

# Кинематический и конструктивный анализ роботов

- Как ориентирующие, так и транспортирующие движения должны выполняться с высокой точностью совокупного участия всех звеньев кинематической структуры ПР. Поэтому при создании роботов, копирующих физические функции руки человека, следует учитывать не только наличие звеньев, обеспечивающих совокупность движений, но также вид и последовательность их расположения в структуре.
- В зависимости от вида используемых в структуре промышленного робота кинематических пар обеспечиваются поступательные, вращательные и комбинированные движения, причем комбинирование пар дает 60 совокупностей индексов подвижности, а следовательно, и 60 типов структур промышленных роботов. Вместе с тем число кинематических структур ПР намного больше, так как оно определяется не только количеством кинематических пар, но и последовательностью их расположения. В этом случае индекс подвижности имеет направленный граф. Например, структура компоновки, представленной на рисунок 2,  $\bar{b}$ , может быть описана последовательностью  $y - \bar{b}_z - z - x - \bar{b}_x - \bar{b}_y$ . Это означает, что имеется подвижное основание ( $y$ ), на котором установлена вращающаяся стойка ( $\bar{b}_z$ ), обеспечивающая подъем ( $z$ ) и выдвижение ( $x$ ) руки робота. Рука заканчивается приводом поворота ( $\bar{b}_x$ ) кисти и качания ( $\bar{b}_y$ ) хватного устройства.

# Кинематический и конструктивный анализ роботов

- Использование кинематических пар V класса - поступательных  $P$  (рисунок 3, а) ротационных  $P_{\Pi}$  (рисунок 3, б, г) с осью вращения, параллельной оси предшествующего звена, а также  $P_{\kappa}$  (рисунок 3, в, д) с осью вращения, перпендикулярной к оси предшествующего звена, - дает возможность создавать промышленные роботы с требуемыми зонами обслуживания, работающие в определенной (заданной) системе координат.



# Кинематический и конструктивный анализ роботов

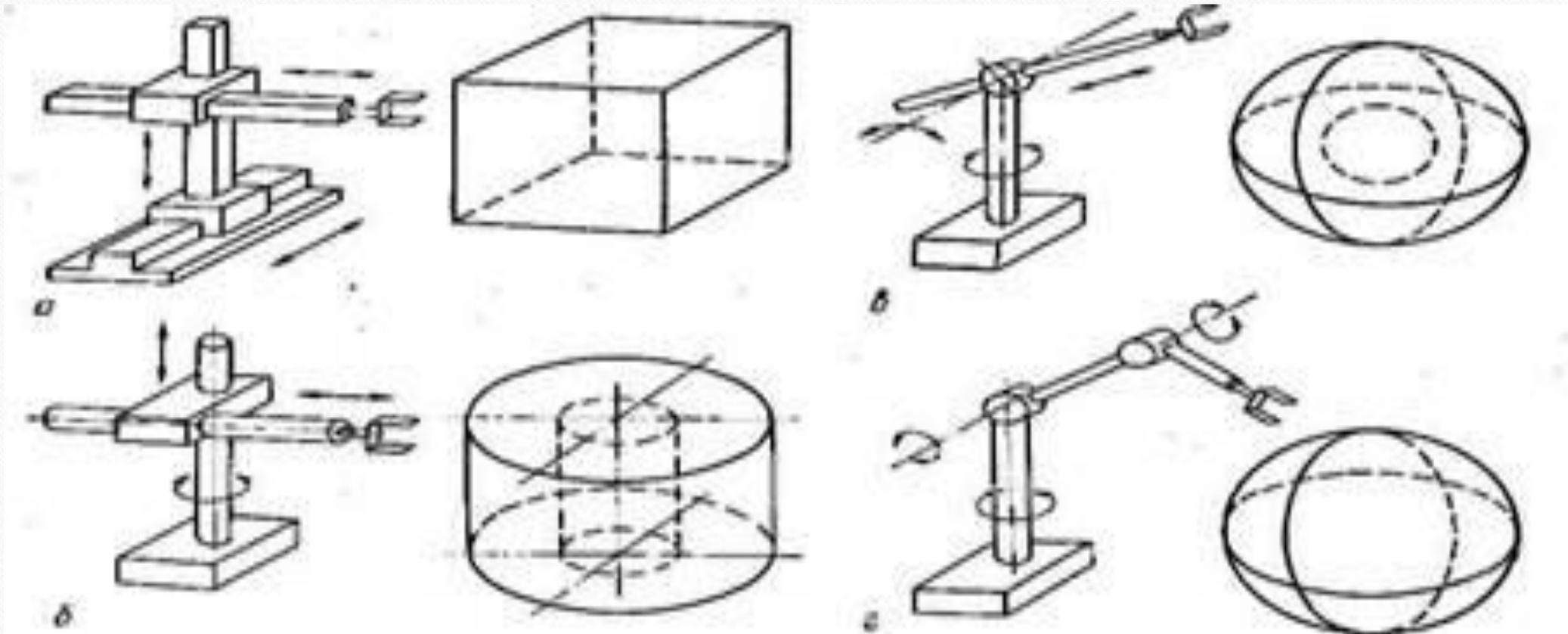
- Три поступательные пары, оси которых взаимно перпендикулярны, реализуют схему ПР, работающего в прямоугольной системе координат, с зоной обслуживания в виде параллелепипеда (рисунок 4, а); две поступательные пары с взаимно перпендикулярными осями и ротационная пара, ось вращения которой параллельна плоскости, образованной направлениями осей поступательных пар, реализуют схему ПР, работающего в цилиндрической системе координат, с зоной обслуживания в виде полого цилиндра (рисунок 4, б); две ротационные пары, оси которых перпендикулярны, и одна поступательная пара реализуют схему ПР, работающего в сферической системе координат, с зоной обслуживания в виде полой сферы (рисунок 4, в); две ротационные пары с параллельными осями и одна ротационная пара с осью, перпендикулярной к осям двух других пар, реализуют схему ПР, работающего в угловой системе координат, с зоной обслуживания в виде сплошной сферы (рисунок 4, г).

# Кинематический и конструктивный анализ роботов

---

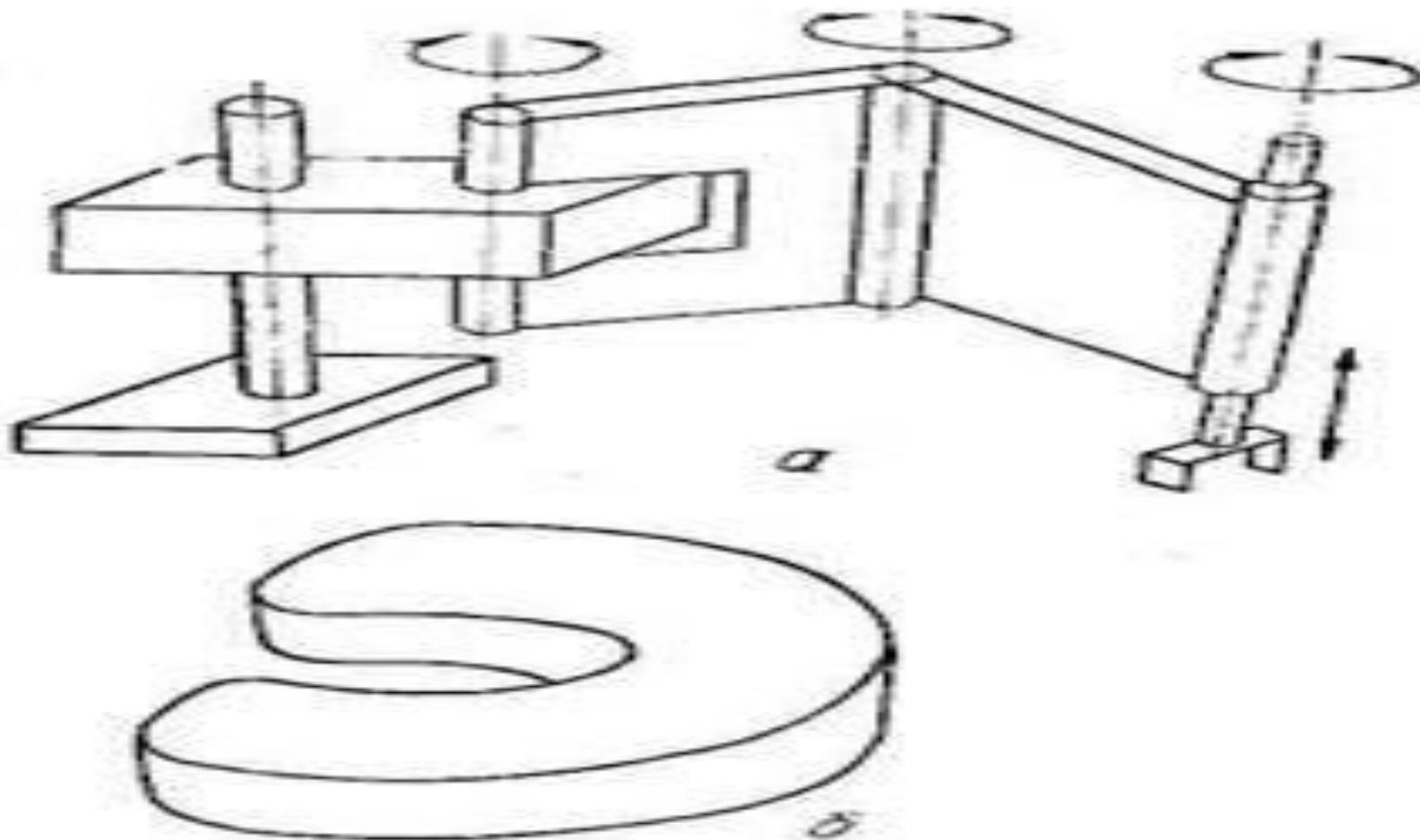
- Если предположить, что все четыре схемы ПР имеют одинаковые параметры, такие, как грузоподъемность, угол поворота  $0 \dots 360^0$  и линейное перемещение в пределах  $0 \dots 1$  относительных единиц, то схема с тремя ротационными парами обеспечивает наибольшую зону обслуживания. Вместе с тем промышленные роботы с ротационными парами при прочих равных условиях характеризуются меньшей точностью позиционирования рабочих органов, ориентировочно равной  $0,6 \dots 0,7$  точности ПР, работающих в прямоугольной системе координат и имеющих только поступательные пары; роботы с компоновкой, обеспечивающей работу в цилиндрической системе координат, имеют точность  $0,8 \dots 0,85$  точности ПР, работающих в прямоугольной системе координат. Это обусловлено тем, что при ротации передаточное отношение системы изменяется с изменением вылета руки.

Геометрия зон обслуживания ПР, работающих в  
прямоугольной (а), цилиндрической (б), сферической  
(в), угловой (г) системах координат



- В последнее время широко применяется схема ПР с горизонтальной «рукой» шарнирно соединенной конструкции (рисунок 5), зона обслуживания которого имеет вид сегмента полого криволинейного цилиндра. Впервые такая схема была реализована в Японии в ПР SCARA. ПР этого типа имеют ряд преимуществ: большая скорость передвижения по горизонтали за счет суммирования относительно вертикальных осей; высокая точность позиционирования; особая жесткость конструкции относительно вертикальной оси; большая зона обслуживания; компактность.

Рисунок 5 - Схема ПР с горизонтальной рукой шарнирно сочлененной конструкции (а) и геометрия его зоны обслуживания (б)



# Геометрические характеристики степеней подвижности и способ установки ПР

---

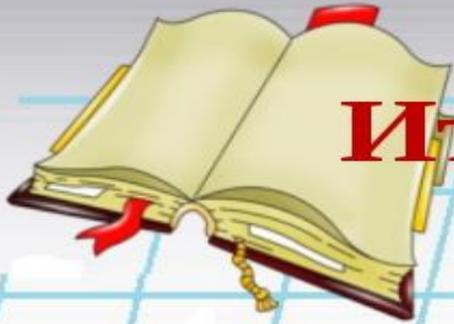
- Каждый вариант кинематической структуры характеризуется конфигурацией зоны обслуживания ПР, в пределах которой манипулятор робота может вывести рабочий орган в любую точку. Возникающие при этом ограничения угловых и линейных перемещений в парах, вызванные особенностями конструктивного оформления манипулятора, обуславливают запретные области, в которые рабочий орган не может быть введен.
- Геометрические характеристики, число степеней подвижности и способ установки ПР на рабочем месте являются исходными данными при разработке компоновочных схем и планировок роботизированных технологических комплексов.
- Возможные конфигурации зон обслуживания ПР отличаются разнообразием и определяются как сочетанием пар V класса, так и последовательностью их расположения и не ограничиваются приведенными на рисунок 4 и рисунок 5 вариантами.

# Итог урока

- Ответы на вопросы:
- Что такое робот?

---

- Виды роботов.
- Дать определение робототехники.
- Законы робототехники.
- Техника безопасности при роботизации.
- Какие классы роботов вам известны?
- Компоненты роботов.
- Системы управления роботом.
- Способы передвижения робота.
- Понятие кинематической схемы.
- Каково устройство робота?



## Итог урока-этап рефлексии

- Сегодня я узнал.....
- Было интересно .....
- Было трудно.....
- Я понял, что...
- Я почувствовал, что...
- Я приобрел...
- Я научился...
- У меня получилось ...
- Я смог...
- Я попробую...
- Меня удивило...
- Урок дал мне для жизни...
- Мне захотелось...
- Оценки за работу

# Домашнее задание

---

- Конспект
- Проект работа

# Литература

---

- Литература для учителя

- 1. Первый шаг в робототехнику: практикум для 5-6 классов/Д.Г. Копосов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 87 стр.
- 2. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – СПб.: Наука, 2010, 195 стр.
- 3. Образовательная робототехника в дополнительном образовании школьников: Методическое пособие/ Гинзбург Е.Е., Винокурова А.В. – Йошкар-Ола: ОАНО «Инфосфера», 2011. – 32 стр.
- 4. Программное обеспечение MINDSTORMS NXT 2.0 .

- Литература для школьников

- 1. Первый шаг в робототехнику: рабочая тетрадь для 5-6 классов / Д.Г. Копосов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012
- 2. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – СПб.: Наука, 2010,
- 3. Образовательная робототехника в дополнительном образовании школьников: рабочая тетрадь/ Гинзбург Е.Е., Винокурова А.В. – Йошкар-Ола: ОАНО «Инфосфера», 2011
- Журнал: Твоя профессия 1987г. Кудряшов Н.М.